Aus dem Physiologischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. K. Brecht
Abteilung für Angewandte Physiologie

Erzeugung testbarer zentraler Ermüdung und Nachweis der Wirkung einer ermüdungshemmenden Substanz

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Ingrid Klaiber
aus Stuttgart

1965

8426

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. K. Brecht
Abteilung für Angewandte Physiologie

Erzeugung testbarer zentraler Ermüdung und Nachweis der Wirkung einer ermüdungshemmenden Substanz

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Ingrid Klaiber
aus Stuttgart

1965

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Dekan: Professor Dr. W. Schulte

1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Bartels
2. Berichterstatter: Professor Dr. K. Brecht

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Methodik	2
Ergebnisse und Diskussion	6
Zusammenfassung	11
Tabellen	12
Literaturverzeichnis	15

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547609_0106

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts begann man, sich intensiv mit dem Problem der Ermüdung zu beschäftigen. Einer der ersten war KRONECKER (1871), der das Ermüdungsproblem von der physiologischen Seite anging, während sich KRAEPELIN (1901) mit der psychologischen Seite befaßte.

Heute wird der Begriff "Ermüdung" folgendermaßen definiert: Unter Ermüdung versteht man die durch Ausübung einer Tätigkeit bedingte Herabsetzung der Fähigkeit zur Fortsetzung dieser Tätigkeit, soweit sie durch Erholung wieder ausgeglichen werden kann, also reversibel ist (RÜSSEL, 1961).

Wenn nun auch die Definition der Ermüdung einigermaßen klar ist, so ist die quantitative Bestimmung des Ermüdungsgrades noch außerordentlich problematisch (Übersicht bei HAIDER, 1962). Für eine Reihe von Vorhaben ist es aber wünschenswert, eine definierte, vorwiegend zentral ermüdende Tätigkeit aus versuchstechnischen Gründen eine möglichst kurze Zeit anwenden zu können und außerdem Meßwerte eines Testes zu haben, der sich mit dem Ausmaß der Tätigkeit ändert.

In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, daß eine 45minütige Bedienung des Wiener Determinationsgerätes die Reaktionszeit auf akustische Reize signifikant verlängert. Damit war es möglich, ein pharmakologisches Weckmittel im doppelten Blindversuch zu testen und seine Wirkung im Sinne einer geringeren Verlängerung der Reaktionszeit nach zentral ermüdender Tätigkeit nachzuweisen.

Methodik

Versuchspersonen (Vp) waren etwa 85 gesunde Studenten im Alter von 22 bis 25 Jahren (54 männlich, 31 weiblich).

Die Tageszeit, zu der die Versuche durchgeführt wurden, konnte aus technischen Gründen nicht standardisiert werden.

Etwa 15 Personen wurden von der Auswertung ausgeschieden, weil ihre Reaktionszeiten über das Normalmaß hinausstreuten, bzw. weil sie entgegen den Anordnungen Koffein oder Alkohol genossen hatten. Jede Vp wurde vor Beginn des Versuches in gleicher Weise über den Ablauf des Versuches unterrichtet und jeweils aufgefordert, sich ganz auf den Versuch zu konzentrieren.

Die Messung der Reaktionszeiten wurde mit Hilfe des Beckschen Reaktionszeitgerätes, das bei der Schweizer Bundeswehr zur Kraftfahrertestung verwendet wird, durchgeführt. Unsere Vpp mußten innerhalb von etwa 7 Minuten 3 Testprogramme mit je 15 akustischen, 15 optischen und 3 x 6 Wahlreaktionen absolvieren. Jedes Mal, wenn ein Signal geboten wird, muß so rasch wie möglich eine Taste gedrückt werden. Die Reaktionszeit wird dann auf einem geeichten Meßblatt registriert (4mm entsprechen 1/100sec). Neben den Reaktionszeiten werden auch automatisch die Fehlreaktionen erfaßt, z.B. Drücken der Taste, ohne daß vorher ein Signal geboten wurde. Bei der Wahlreaktion werden die beiden farbigen Lichter und das Tonsignal - manchmal 2 zugleich - geboten. Die Vp darf jedoch nur bei der Kombination "Rot und Ton" reagieren, sonst wird eine Fehlreaktion registriert.

Die Bestimmung der oberen Tonfrequenzgrenze wurde mit einem Schwebungssummer (Type URI,BN1050,Rohder und Schwarz, München) und einem Kopfhörer durchgeführt. Hierbei kann

aufsteigend oder absteigend verfahren werden. Entweder beginnt man mit niederen Frequenzen, und die Vp gibt an, wenn sie keinen Ton mehr wahrnehmen kann, oder wird mit hohen Frequenzen begonnen, und die Vp gibt an, wenn sie einen Ton hört. Zwischen Vp und Versuchsleiter (Vl) war eine Trennwand aufgebaut, so daß die Vp durch Bewegungen des Vl nicht beeinflußt werden konnte.

Am Schwebungssummer kann sowohl die Tonfrequenz als auch die Tonintensität variiert werden. Wir ließen die Tonintensität konstant und variierten nur mit der Frequenz. Der Vp wurden zunächst sämtliche Töne kurz vorgeführt, damit sie diese von den Geräuschen, die infolge des Tragens der Kopfhörer empfunden werden, unterscheiden konnte. Danach wurden ihr in unregelmäßigen Abständen verschieden hohe Töne geboten und zwar im auf- und absteigenden Verfahren. Die Vp wurde vorher aufgefordert, sich ganz auf das Hören zu konzentrieren und jedes Mal, wenn sie glaubte, einen Ton wahrzunehmen, sofort mit einem Bleistift auf den Tisch zu tippen.

Das Wiener Determinationsgerät erwies sich uns nach Vorversuchen als geeignet, um in relativ kurzer Zeit eine Verlängerung der akustischen Reaktionszeit hervorzurufen. Bei diesem Gerät, das sonst in der Verkehrspsychologie zur Testung der Fahrtauglichkeit benutzt wird, leuchten in wechselnder Reihenfolge verschiedenfarbige Lichter auf Mattscheiben auf. Die Vp muß jeweils den Taster drücken, der die gleiche Farbe aufweist. Zusätzlich werden noch 2 andere, ebenfalls optische Signale geboten, die durch Niederdrücken eines Pedals mit dem rechten bzw. linken Fuß, je nach Lage der Signale, zu beantworten sind. Schließlich muß die Vp auch noch auf akustische Reize reagieren, bei Ertönen eines hohen bzw. tiefen Summtones müssen die entsprechenden Hebel bedient werden. Die Anzahl der Fehlleistungen, d.h. zu spätes oder falsches Beantworten der Signale, wird automatisch registriert.

Die Frequenz der Signale kann verschieden schnell eingestellt werden. Wir steigerten das Tempo der Reizdarbietung so, daß ein richtiges und zeitgerechtes Reagieren auf die Mehrzahl der dargebotenen Reize gerade noch möglich war, d.h. bei der die Aufgaben etwa zu 80-90% richtig gelöst wurden. Es zeigte sich, daß bei dieser Geschwindigkeit eine maximale Verlängerung der akustischen Reaktionszeit hervorgerufen wurde. Ferner zeigte sich, daß mindestens 45 Minuten am Wiener Gerät gearbeitet werden muß, bis sich ein objektiv meßbarer Effekt zeigt. Bei der gewählten Frequenz der Reizdarbietung mußten die Vpp in dieser Zeit ca. 2700 Signale beantworten.

Die Tablettenausgabe: Von der Firma G. wurden 2 Sorten von Tablettenchargen geliefert: A und I. Dem Vl war nicht bekannt, welche der beiden das wirksame Versuchspräparat enthielt. Da die Möglichkeit bestand, daß sich dies im Lauf der Versuchsreihe herausstellte, erfolgte die Tablettenausgabe nach Art des doppelten Blindversuches, d.h. weder die Vp noch der Vl wußten, ob die jeweilige Vp die Tablettencharge A oder I eingenommen hatte. Zu diesem Zweck wurden jeweils 2 Tabletten A bzw. I in ein Tütchen gegeben, auf dessen Innenseite die Kennzeichnung A bzw. I vermerkt war. Die Tütchen kamen in einen Kasten und wurden von den Probanden gezogen, diese schrieben, nachdem sie die Tabletten entnommen hatten, ihren Namen außen auf das Tütchen, so daß nach Beendigung der Versuche festgestellt werden konnte, welche der beiden Tabletten die einzelnen Vpp eingenommen hatten.

Versuchsgang: Die Vpp nahmen die gewählten Tabletten mit etwas Wasser ein, anschließend wurde sofort die Hörgrenze bestimmt und die Reaktionszeiten auf Licht und Ton sowie die Wahlzeit gemessen. Danach wurde 45 Minuten am Wiener Gerät gearbeitet. Nach Beendigung dieser Aufgaben wurde erneut die Hörgrenze bestimmt, sowie die Reaktionszeiten

auf Licht und Ton und die Wahlzeit gemessen. Die 2. Messung erfolgte also etwa 60-70 Minuten nach Einnahme der Tabletten.

Die statistische Auswertung geschah durch den t-Test der Mittelwerte der Reaktionszeitverlängerung nach Gabe der Tabletten A gegen diejenigen Werte nach Gabe der Tabletten I.

Ergebnisse und Diskussion

In den Tabellen 1 und 2 sind die Ergebnisse zusammengestellt. Man sieht, daß nach der Arbeit die Verlängerung der akustischen Reaktionszeiten bei der Tablettencharge A mit im Mittel 19,2 msec länger war als nach der Tablettencharge I mit 6,7 msec Verlängerung. Das Ergebnis ist statistisch gut ($p=0,01$) gesichert.

Desgleichen zeigt die Reaktionszeit auf Lichtsignale ebenfalls nach Einnahme der Tablettencharge A eine größere Verlängerung mit 14 msec als nach Einnahme der Tablettencharge I mit 9 msec. Diese beiden Werte sind allerdings statistisch nicht zu unterscheiden ($p=0,15$). Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen der Reaktionszeitveränderung auf Ton und Licht zeigte die Wahlreaktionszeit nach Arbeit eine Verkürzung, die nach Einnahme der Tablettencharge I unsignifikant größer war als nach Einnahme der Tablettencharge A. Die Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung. Der statistischen Auswertung der Ergebnisse zufolge mußte die Tablettencharge A das Placebo, die Tablettencharge I das Versuchspräparat enthalten. Dies wurde dem Vl nach Beendigung der Versuche von der Herstellerfirma bestätigt.

Es ergab sich also, daß die Verlängerung der Reaktionszeit auf Tonreize als Folgeerscheinung einer standardisierten zentralen Ermüdung nach Einnahme des Versuchspräparates LD 3394 geringer war als nach Einnahme des Placebos.

Auch die Verlängerung der Reaktionszeit auf Lichtreize zeigte ein ähnliches, wenn auch nicht statistisch signifikantes Verhalten. Im Gegensatz zu den Reaktionszeiten auf Ton- und Lichtreize zeigte die Wahlreaktionszeit, wie nach den Vorversuchen erwartet, nach Ermüdung eine Verkürzung, die bei dem Versuchspräparat etwas, aber statistisch nicht signifikant größer war als nach Placebo.

Ermüdungsmessung: Die Angaben über die Ermüdung sind subjektiv. Man bemüht sich deshalb seit langem, eine Meßmethode zu finden, mit der man objektiv nachweisen kann, ob Ermüdung vorliegt oder nicht. Die Vorgänge, die bei Ermüdung ablaufen, sind bis jetzt so wenig geklärt, daß es unwahrscheinlich ist, mit einer einzigen Meßmethode den jeweiligen Grad der Ermüdung in absoluten Werten zu bestimmen. Man hat jedoch nach Testen gesucht, welche Werte liefern, die ungefähr mit dem Grad der Ermüdung korrelieren. Bei allen Ermüdungstesten, die bekannt wurden, handelt es sich um experimentelle Fixierungen verschiedener Wirkungen der Ermüdung. Je nach dem, auf welchem Gebiet sich diese Wirkungen bemerkbar machen, spricht man von physiologischen, psychologischen oder sinnesphysiologischen Ermüdungstesten.

An einen Ermüdungstest werden folgende Forderungen gestellt:
1. Die Leistung, die als Maß der Ermüdung verwandt wird, soll nicht durch subjektive Einflüsse unmittelbar beeinflußt werden.
2. Die Testergebnisse sollen nicht durch Übung verändert werden.
3. Unter vergleichbaren Belastungsbedingungen sollen die Ergebnisse im Gruppenversuch eine einheitliche Tendenz aufweisen.
4. Unter vergleichbaren Belastungsbedingungen sollen die intraindividuellen Ergebnisse reproduzierbar sein (HORNEY, 1955). Über die Problematik hat SCHMIDTKE (1965) nach Abschluß unserer Versuche eingehend berichtet.

Die Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) wird heute wohl am häufigsten als Ermüdungstest benutzt (SCHMIDTKE, 1951). Während viele Autoren positive Ergebnisse publizierten, d.h. eine Abhängigkeit der Flimmergrenze von einer zentralen Ermüdung feststellten, wie z.B. SIMONSON und ENZER, 1941, BUSCH und WACHOLDER, 1953, SCHMIDTKE, 1951, wird das Verfahren von anderen Autoren abgelehnt, z.B. von BUJAS

und PETZ, 1952, sowie von BARTENWERTER, 1960. Unter anderem wird beanstandet, daß die Ergebnisse zu sehr von Schwankungen im öffentlichen Stromnetz beeinflußt werden. Für unsere Versuche kam die Bestimmung der FVF aus technischen Gründen nicht in Frage. Um vergleichbare Werte zu erhalten, sind nämlich jeweils gleicher Adaptationszustand des Auges und Reizung gleicher Netzhautstellen erforderlich.

Der Konzentrationsleistungstest (nach DÜKER und LIENERT, 1959) als Ermüdungstest wurde vor und nach einer ermüdenden Tätigkeit geprüft. Es zeigte sich jedoch, daß sämtliche Vpp nach Arbeit am Wiener Gerät die Rechenaufgaben wesentlich schneller lösten als vorher, wobei die Fehlerzahl ungefähr gleich blieb. Wahrscheinlich ist dieser Test zu sehr vom Interesse und Leistungswillen der Vpp abhängig. Man kann dieses Ergebnis vielleicht mit den Ergebnissen GRANDJEAN's (1959) vergleichen, auch er fand bei Telefonistinnen nach achtstündiger anstrengender Arbeit eine Verkürzung der Zeiten bei Rechenaufgaben und im Bourdonschen Durchstreichtest. GRANDJEAN erklärt dies mit einer Enthemmung und Herabsetzung der Kontrolle des eigenen Verhaltens, die durch eine zentralnervöse Ermüdung bedingt wird.

Die Bestimmung der oberen Hörgrenze wurde ebenfalls als Ermüdungstest erprobt. Wir konnten keine eindeutige Veränderung nach Arbeit am Wiener Gerät feststellen. Es ist möglich, daß dies durch unzureichende technische Bedingungen verursacht war. Die Störgeräusche, die durch die Kopfhörer verursacht wurden, waren nicht auszuschalten und konnten wahrscheinlich von einigen Vpp nicht von den eigentlichen Tönen unterschieden werden. Außerdem ist bei dem Schwebungssummer gerade im verwendeten Bereich die Schallintensität bei den verschiedenen Frequenzen nicht konstant, sondern schwankt trotz eines speziell eingebauten Glätters (Institut für Schwingungsforschung, Tübingen).

Die optische und akustische Reaktionszeit wurde schließlich als Ermüdungstest gewählt, weil er nach Vorversuchen für die akustische Reaktionszeit eindeutige Verlängerungen zeigte.

Ermüdungssetzende Methode: Aus technischen Gründen war es nicht möglich, die Vpp morgens in "frischem" und abends nach der Arbeit in "ermüdetem" Zustand zu untersuchen. Wir suchten also nach einer Methode, mit der es möglich war, zu jeder Tageszeit in verhältnismäßig kurzer Zeit zentrale Ermüdung zu setzen. In Vorversuchen fanden wir, daß die Arbeit am Wiener Gerät in relativ kurzer Zeit eine Verlängerung der akustischen und optischen Reaktionszeiten hervorruft. In Vorversuchen wurde festgestellt, daß bei einer bestimmten Geschwindigkeit der Reizdarbietung ein maximaler Effekt hervorgerufen wird. Wurde nämlich die Reizfrequenz zu schnell eingestellt, gaben die Vpp verhältnismäßig rasch auf, d.h. sie legten von sich aus Pausen ein, ließen Signale aus, versuchten dann wieder, die Signale zu beantworten, kamen infolge der zu hohen Geschwindigkeit bald wieder aus dem Takt, legten wieder eine Pause ein usw. Durch diese Pausen wurde jedoch der Eintritt eines ermüdenden Effektes verzögert, wenn nicht verhindert. Wurde jedoch die Geschwindigkeit zu langsam gewählt, so wurde nach 45 Minuten Arbeit am Wiener Gerät subjektiv keine Ermüdung angegeben und keine deutlichen Verlängerungen der Reaktionszeiten festgestellt. Wahrscheinlich hat sich ein Zustand eingestellt, in dem die Arbeit längere Zeit ohne Ermüdungsakkumulation durchgeführt werden kann. RÜSSEL (1961) spricht von der Ausbildung eines steady state. Bei dieser Methode der Ermüdungssetzung ist es günstig, daß die Geschwindigkeit der Vp vorgeschrieben werden kann. Wenn diese nämlich durch die Vp selbst bestimmt werden kann, wird meist ein Tempo gewählt, das längere Zeit aufrechterhalten werden kann, ohne einen ermüdenden Effekt hervorzurufen. Den Vpp war vor dem Versuch nicht bekannt,

daß die Arbeit am Wiener Gerät lediglich dazu diente, eine Ermüdung zu setzen, sie glaubten vielmehr, es handle sich um einen Leistungstest. Es war so eher ein möglichst konzentriertes und intensives Mitarbeiten der Vpp zu erwarten. Auch die Dauer des Versuches war den Vpp nicht bekannt, es sollte so verhindert werden, daß eine bestimmte Leistungseinstellung gebildet wurde, wodurch bekanntlich der Eintritt der Ermüdung verzögert werden kann, oder daß sich einige Vpp anfangs "schonten", d.h. absichtlich Signale nicht beantworteten, um gegen Ende des Versuches noch frisch zu sein. Schließlich sei noch erwähnt, daß eine Automatisierung am Wiener Gerät nicht möglich ist. Um auszuschließen, daß die Verlängerungen nach Arbeit einen rein zufälligen Befund darstellen, wurden bei einer Kontrollgruppe von 12 Studenten die Reaktionszeiten auf Ton und Licht sowie die Wahlzeit - ebenfalls in einem zeitlichen Abstand von 60-70 Minuten, jedoch ohne Arbeit am Wiener Gerät - gemessen. Es zeigte sich, daß die Reaktionszeit auf Ton im Mittel nur um 4,2 msec verlängert war gegenüber einer Verlängerung um 14 msec nach der Arbeit am Wiener Gerät. Die Wahlzeit war um 18 msec verkürzt gegenüber einer Verkürzung um 26,7 msec nach Ermüdung. Die Verkürzung der Wahlzeiten erklärt sich einmal durch den Lerneffekt am Wiener Determinationsgerät und vielleicht durch einen Lerneffekt am Beckschen Gerät. Die Wahlreaktion läuft jeweils 3x ab, so daß bei der zweiten Bestimmung bestimmte Schwierigkeiten des Programms den Versuchspersonen schon teilweise bekannt waren.

Zusammenfassung

1. An 85 männlichen und weiblichen Vpp wurden folgende Ermüdungsteste angewendet: Flimmerverschmelzungsfrequenz, Konzentrationsleistungstest, obere Hörgrenze, akustische und optische Reaktionszeit und akustische und optische Wahlreaktionszeit.

2. Als testbare Ermüdung wurde eine 45minütige Arbeit am Wiener Determinationsgerät festgestellt, wenn die Signalfrequenz so eingestellt wurde, daß die Vpp ca. 80 % der Signale richtig beantworten konnten.

3. Am eindeutigsten war nach der Arbeit am Wiener Determinationsgerät die akustische Reaktionszeit verlängert.

4. Im doppelten Blindversuch wurde ein ermüdungshemmendes Präparat bzw. ein Placebo gegeben. Bei dem Präparat war die akustische Reaktionszeit signifikant ($p=0,01$) weniger verlängert als bei dem Placebo.

Herrn Professor Dorsch vom Akademischen Berufsamt der Universität Tübingen sind wir für zahlreiche Ratschläge dankbar.

Tab.1. Akustische und optische Reaktionszeit bei Gabe einer ermüdungshemmenden Substanz (1) vor und nach der Arbeit am Wiener Det.Gerät, somit die Differenz der beiden Werte.

	Reaktionszeit akustisch			Reaktionszeit optisch		
	Arbeit			Arbeit		
	vor	nach	Diff.	vor	nach	Diff.
Hil	14,4	15,5	1,1	19,6	21,2	1,6
Zie	19,7	22,4	2,7	25,3	29,4	4,1
Uhd	21,4	21,1	-0,3	23,8	26,8	3,0
Loh	17,8	17,9	0,1	20,2	22,8	2,6
Jäg	17,0	19,5	2,5	21,3	22,3	1,0
Slo	16,9	21,1	4,2	21,7	23,6	1,9
Meh	18,7	21,7	3,0	22,4	24,1	1,7
Haa	20,5	19,2	-1,3	24,5	23,2	-1,3
Gri	17,2	17,9	0,7	21,5	20,5	-1,0
Sei	24,3	24,3	0,0	26,4	24,3	-2,1
Kne	15,6	16,9	1,3	20,9	20,3	-0,6
Bla	19,4	18,7	-0,7	25,4	26,3	0,9
Jac	18,9	19,8	0,9	21,4	21,8	0,4
Der	17,5	16,9	-0,6	21,5	20,1	-1,4
Sus	21,5	20,0	-1,5	23,3	23,6	0,3
Hei	-	-	-	22,5	21,7	-0,8
Kog	20,0	19,9	-0,1	23,1	25,4	2,3
Kau	18,2	18,9	0,7	21,5	21,0	-0,5
Rup	21,7	20,0	-1,7	24,3	24,1	-0,2
Sza	18,8	20,4	1,6	21,0	23,2	2,2
Pap	16,5	16,4	-0,1	21,6	22,7	1,1
Wei	19,9	24,9	5,0	22,3	28,0	5,7
Gre	16,9	18,1	1,2	21,5	21,6	0,1
Mey	21,7	25,7	4,0	26,5	30,7	4,2
Fro	24,2	18,2	-6,0	23,8	25,2	1,4
Sch	17,6	17,6	0,0	20,6	22,4	1,8
Mel	18,1	18,5	0,4	23,6	24,0	0,4
Rie	17,0	18,5	1,5	21,0	20,5	-0,5
Göt	14,9	15,3	0,4	19,4	19,1	-0,3
Ser	19,3	20,9	1,6	23,4	25,1	1,7
Kre	20,1	20,8	0,7	26,4	25,4	-1,0
Ble	23,9	24,7	0,8	27,3	29.0	1,7
Frö	17,7	17,6	-0.1	20,4	21,0	0,6
Bec	18,7	19,0	0,3	22,2	23,0	0,8

Tab.2. Akustische und optische Reaktionszeit bei Gabe eines Placebos (A) vor und nach der Arbeit am Wiener Det. Gerät, somit die Differenz der beiden Werte.

	Reaktionszeit akustisch			Reaktionszeit optisch		
	Arbeit			Arbeit		
	vor	nach	Diff.	vor	nach	Diff.
Iff	20,2	22,2	2,0	22,6	25,4	2,8
Sol	18,3	16,3	-2,0	22,4	25,2	2,8
Sro	16,4	20,2	3,8	25,4	26,3	0,9
Hul	15,7	17,9	2,2	21,5	22,6	1,1
Wil	19,0	18,3	-0,7	22,6	22,5	-0,1
Kam	17,2	21,5	4,3	21,8	24,7	2,9
Rom	20,6	21,6	1,0	23,1	27,1	4,0
Rei	15,3	17,2	1,9	18,0	20,0	2,0
Wen	24,2	24,3	0,1	26,6	25,5	-1,1
Sch	16,5	19,5	3,0	21,5	22,2	0,7
Bre	19,0	23,0	4,0	19,4	21,2	1,8
Sig	14,5	17,1	2,6	19,8	22,0	2,2
Leh	20,9	23,1	2,2	22,8	26,1	3,3
Clo	20,1	21,3	1,2	22,9	28,1	5,2
Noa	-	-	-	21,0	24,4	3,4
Bla	18,7	19,8	1,1	21,6	22,6	1,0
Sla	15,2	19,7	4,5	20,3	21,8	1,5
Kay	17,6	15,8	-1,8	24,3	21,9	-2,4
Seu	19,4	20,3	0,9	23,4	24,0	0,6
Hai	14,5	16,0	1,5	19,1	21,2	2,1
Sön	18,2	19,8	1,6	22,5	24,7	2,2
Bit	17,2	19,5	2,3	21,1	21,9	0,8
Ger	21,9	23,1	1,2	25,5	25,4	-0,1
Shm	19,6	21,9	2,3	25,6	26,3	0,7
Bar	15,9	16,9	1,0	20,9	21,5	0,6
Bra	18,7	27,3	8,6	26,0	27,8	1,8
Göt	17,5	19,0	1,5	20,7	20,6	-0,1
Sül	21,6	24,1	2,5	25,8	27,3	1,5
Pau	17,1	17.0	-0,1	21,8	20,7	-1,1
Jes	19,6	20,6	1,0	23,6	24,6	1,0
Pet	22,3	23,8	1,5	26,4	26,4	0,0
Hum	17,5	17,8	0,3	21,4	22,3	0,9
Pap	20,0	26,8	6,8	23,2	28,3	5,1
Mül	19,2	20,1	0,9	23,3	23,0	-0,3

Tab. 3: Übersicht über die statistische Auswertung der Ergebnisse

	Tabletten	Reaktionszeitverlängerung (msec)		Wahlzeitveränderung (msec)
		Ton	Licht	
Versuchspersonen		33	34	32
Reaktionszeit nach Ermüdung minus Reaktionszeit vor Ermüdung	LD 3394	6,7	9,0	-30,4
	Placebo	19,2	14,0	-26,7
t		2,45	1,22	
p		0,01	0,15	

Literaturverzeichnis

Bertenwerter,H.(1960 b) Über eine Methode zur Erfassung der psychischen Beanspruchung. Psychol.u.Praxis 4,125.

Bujas,Z. und Petz,B.(1952) Can the critical frequency of interrupted electrical stimulation of the eye serve as a test of fatigue? Arhiv Hig.Rada 3,428.

Düker,H. und Lienert,G.(1959) Konzentrationsleistungstest. Diagnostica 5,1

Grandjean,E.(1959) Physiologische Untersuchungen über die nervöse Ermüdung bei Telefonistinnen und Büroangestellten. Int.Z.angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol. 17,400.

Haider,M.(1962) Ermüdung, Beanspruchung und Leistung. Wien, Franz Deuticke Verlag.

Horney,H.L.(1955) Untersuchungen über das Verhalten der oberen Hörgrenze des Menschen bei psychischer Ermüdung. Diss. Braunschweig.

Kraepelin,E.(1901) Über geistige Arbeit. Jena, Fischer Verlag.

Kronecker,H.(1871) Über die Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln. Ber.ü.d.Verhandl.d.königl.sächsischen Gesellschaft der Wissensch.zu Leipzig.

Rüssel,A.(1961) Arbeitspsychologie. Bern und Stuttgart, Hans Huber Verlag.

Schmidtke,H.(1951) Über die Messung der psychischen Ermüdung mit Hilfe des Flimmertestes. Psychol.Forschung 23,409.

Schmidtke,H.(1965) Die Ermüdung. Bern und Stuttgart, Hans Huber Verlag.

Simonson,E. und Enzer,N.(1941) Measurement of the fusion frequency of flicker as a test for fatigue on the state of the central nervous system. J.industr.Hyg.23,83.

Für die Überlassung des Themas,
für Anregung und Kritik möchte ich
Herrn Professor Dr.med. H.Bartels
herzlich danken.

Lebenslauf

Am 9.12.1940 wurde ich, Ingrid Klaiber, als Tochter des Nervenarztes Dr. Rudolf Klaiber und seiner Ehefrau Berta, geb. Schmollinger in Stuttgart geboren.

1947 - 1951 besuchte ich die Volksschule, ab 1951 das Uhland-Gymnasium in Tübingen, wo ich 1960 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1960 begann ich das Studium der Medizin an der Universität Tübingen und legte dort im Frühjahr 1961 die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Sommer 1962 die ärztliche Vorprüfung ab. Danach studierte ich sämtliche klinischen Semester ebenfalls an der Universität Tübingen und bestand am 7. Februar 1966 das Medizinische Staatsexamen.